

JP2008256978A

Publication Title:

ZOOM LENS, OPTICAL EQUIPMENT AND IMAGING METHOD

Abstract:

Abstract of JP 2008256978

(A) Translate this text PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an image-shiftable zoom lens that is compact and has high imaging performance. ; SOLUTION: In the zoom lens ZL comprising a plurality of lens groups G1 to G4, which are disposed, in the order starting from the object side along the optical axis, the first lens group G1 that is disposed closest to the object among the plurality of lens groups has positive refractive power and comprises an optical bending element P that bends the path of light and a plurality of lens components L11 and L12 that are disposed closer to the object than the optical path bending element P. The third lens group G3 as a shiftable lens group, disposed closer to the image than the first lens group G1, is shiftable in a direction substantially perpendicular to the optical axis. ; COPYRIGHT: (C)2009,JPO&INPIT

Courtesy of <http://v3.espacenet.com>

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-256978

(P2008-256978A)

(43) 公開日 平成20年10月23日(2008.10.23)

(51) Int.Cl.

G02B 15/16 (2006.01)

G02B 13/18 (2006.01)

F 1

G02B 15/16

G02B 13/18

テーマコード (参考)

2H087

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2007-99530 (P2007-99530)

(22) 出願日 平成19年4月5日(2007.4.5)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(74) 代理人 100092897

弁理士 大西 正悟

(72) 発明者 武 俊典

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号株式会社ニコン内

F ターム(参考) 2H087 KA01 PA09 PA20 PB12 QA02

QA06 QA15 QA22 QA25 QA37

QA41 QA45 RA05 RA12 RA13

RA32 RA41 RA42 RA43 SA23

SA27 SA29 SA32 SA63 SA65

SA72 SA74 SB04 SB14 SB24

SB34

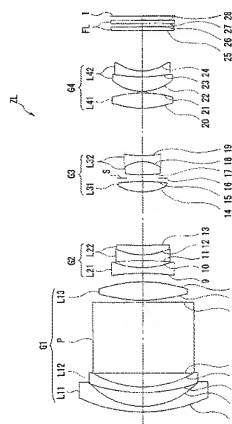
(54) 【発明の名称】 ズームレンズ、光学機器、および結像方法

(57) 【要約】

【課題】小型で高い結像性能を有する像シフト可能なズームレンズを提供する。

【解決手段】本発明に係るズームレンズは、光軸に沿って物体側から順に並んだ複数のレンズ群G1～G4を備えて構成されたズームレンズZにおいて、複数のレンズ群のうち最も物体側に並ぶ第1レンズ群G1は、正の屈折力を有するとともに、光路を折り曲げる光路折り曲げ素子Pおよび、光路折り曲げ素子Pよりも物体側に配置された複数のレンズ成分L11、L12を有して構成されており、第1レンズ群G1より像側に並ぶ第3レンズ群G3がシフトレンズ群として光軸に対し略直角な方向へ移動可能となっている。

【選択図】図4



【特許請求の範囲】

【請求項1】

光軸に沿って物体側から順に並んだ複数のレンズ群を備えて構成されたズームレンズにおいて、

前記複数のレンズ群のうち最も物体側に並ぶ第1レンズ群は、正の屈折力を有するとともに、光路を折り曲げる光路折り曲げ素子および、前記光路折り曲げ素子よりも物体側に配置された複数のレンズ成分を有して構成されており、

前記第1レンズ群より像側に並ぶレンズ群のうち少なくとも一部がシフトレンズ群として光軸に対し略直角な方向へ移動可能であることを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】

広角端状態における前記シフトレンズ群の使用横倍率を β_{aw} とし、広角端状態における前記シフトレンズ群と像面との間にあるレンズ系全系での使用横倍率を β_{bw} とし、広角端状態におけるズームレンズ全系での焦点距離を f_w とし、最大像高を Y_{max} としたとき、次式

$$0.75 < \beta_{bw} \times (1 - \beta_{aw}) / (Y_{max} / f_w) < 1.2$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項3】

前記シフトレンズ群は、広角端から望遠端へのズーミングの際に固定されることを特徴とする請求項1もしくは請求項2に記載のズームレンズ。

【請求項4】

前記シフトレンズ群が複数のレンズ成分を有して構成されることを特徴とする請求項1から請求項3のうちいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項5】

広角端状態における画角が75度以上であることを特徴とする請求項1から請求項4のうちいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項6】

前記複数のレンズ群が、光軸に沿って物体側から順に並んだ、前記第1レンズ群と、第2レンズ群と、第3レンズ群と、第4レンズ群とから構成されることを特徴とする請求項1から請求項5のうちいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項7】

前記第2レンズ群が負の屈折力を有し、前記第3レンズ群が正の屈折力を有し、前記第4レンズ群が正の屈折力を有していることを特徴とする請求項6に記載のズームレンズ。

【請求項8】

前記第1レンズ群および前記第3レンズ群は、広角端から望遠端へのズーミングの際に固定され、

前記第2レンズ群および前記第4レンズ群は、前記広角端から望遠端へのズーミングの際に光軸に沿って移動することを特徴とする請求項6もしくは請求項7に記載のズームレンズ。

【請求項9】

前記複数のレンズ群のうち、前記シフトレンズ群を含むレンズ群における最も物体側にあるレンズ成分の像側の隣に、開口絞りが設けられていることを特徴とする請求項1から請求項8のうちいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項10】

前記複数のレンズ群のうち、前記シフトレンズ群を含むレンズ群における最も物体側にあるレンズ成分の物体側の隣に、開口絞りが設けられていることを特徴とする請求項1から請求項8のうちいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項11】

広角端状態におけるズームレンズ全系での焦点距離を f_w とし、前記複数のレンズ群のうち前記シフトレンズ群を含むレンズ群全体の焦点距離を f_s としたとき、次式

$$0.2 < f_w / f_s < 0.5$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1から請求項10のうちいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項12】

物体の像を所定の像面上に結像させるズームレンズを備えた光学機器において、前記ズームレンズが請求項1から請求項11のうちいずれか一項に記載のズームレンズであることを特徴とする光学機器。

【請求項13】

光軸に沿って物体側から順に並んだ複数のレンズ群を備えたズームレンズを用いて、前記物体の像を所定の像面上に結像させる結像方法であって、

前記複数のレンズ群のうち最も物体側に並ぶ第1レンズ群に正の屈折力を持たせ、

前記第1レンズ群に、光路を折り曲げる光路折り曲げ素子を設けるとともに、前記光路折り曲げ素子よりも物体側に複数のレンズ成分を配置し、

前記第1レンズ群より像側に並ぶレンズ群のうち少なくとも一部をシフトレンズ群として、光軸に対して垂直方向へ移動可能にすることを特徴とする結像方法。

【技術分野】

【0001】

本発明は、デジタルスチルカメラ等の光学機器に用いられるズームレンズに関する。

【背景技術】

【0002】

デジタルスチルカメラやビデオカメラ等の光学機器は、ズームレンズの搭載が一般的であり、好適なズームレンズが数多く提案されている（例えば、特許文献1を参照）。今日では、デジタルスチルカメラ等の光学機器において携帯性が非常に重視されるようになり、カメラ本体の小型化、薄型化、軽量化のため、撮影レンズであるズームレンズの小型化および軽量化が図られている。その中で、レンズ系の一部に光路を約90度折り曲げることが可能な光学素子を備えたズームレンズが考案されている。このようなズームレンズを搭載することで、格納状態から使用状態へ移行する際に、カメラ本体より突出することがなく、使用状態においても携帯性に優れている。また、カメラの小型化、薄型化に大きく寄与している。

【0003】

ところが、このようなカメラでは、小型化、薄型化、軽量化に伴い、反対に使用状態において、カメラのホールディングが難しく、カメラ等のブレによる撮影の失敗が多くなった。具体的には、撮影時に発生する微小なカメラのブレ（例えば、撮影者がリリースボタンを押す際に発生するカメラのブレ）により、露光中に像ブレが引き起こされて画質が劣化していた。そこで、ズームレンズを像シフト可能な光学系として、カメラのブレを検出する検出系と、検出系より出力される値に従ってシフトレンズ群を制御する演算系と、シフトレンズ群をシフトさせる駆動系とを組み合わせることににより、このようなカメラのブレに起因する像ブレを補償させるようにシフトレンズ群を駆動させて像ブレを補正する方法が知られている。

【0004】

像シフト可能なズームレンズとして、例えば、特開2000-298235号公報が知られている。この特開2000-298235号公報では、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力の第4レンズ群と、正の屈折力を有する第5レンズ群とを有し、第3レンズ群全体を光軸とほぼ垂直方向に移動させて、変倍光学系が振動したときの撮影画像のブレを補正するズームレンズが開示されている。

【特許文献1】特開2006-171492号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

また、カメラ等のブレによる画質低下の軽減および、より安定した画像記録を求めるユーザーニーズに応えるため、従来の光学系では、より明るいレンズ系を用いて、より速いシャッタースピードを用いようとしていた。しかしながら、明るいレンズ系を用いようすると、大口径化のためにレンズ系が大型化しやすく、大口径化を図ると、カメラの小型化、薄型化とは相反することになる。

【0006】

本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであり、小型で高い結像性能を有する像シフト可能なズームレンズ、光学機器、および結像方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

このような目的達成のため、本発明に係るズームレンズは、光軸に沿って物体側から順に並んだ複数のレンズ群を備えて構成されたズームレンズにおいて、前記複数のレンズ群のうち最も物体側に並ぶ第1レンズ群は、正の屈折力を有するとともに、光路を折り曲げる光路折り曲げ素子および、前記光路折り曲げ素子よりも物体側に配置された複数のレンズ成分を有して構成されており、前記第1レンズ群より像側に並ぶレンズ群のうち少なくとも一部がシフトレンズ群として光軸に対し略直角な方向へ移動可能であることを特徴とする。

【0008】

また、上述の発明において、広角端状態における前記シフトレンズ群の使用横倍率を β_{aw} とし、広角端状態における前記シフトレンズ群と像面との間にあるレンズ系全系での使用横倍率を β_{bw} とし、広角端状態におけるズームレンズ全系での焦点距離を f_w とし、最大像高を Y_{max} としたとき、次式

$$0.75 < \beta_{bw} \times (1 - \beta_{aw}) / (Y_{max} / f_w) < 1.2$$

の条件を満足することが好ましい。

【0009】

また、上述の発明において、前記シフトレンズ群は、広角端から望遠端へのズームングの際に固定されることが好ましい。

【0010】

また、上述の発明において、前記シフトレンズ群が複数のレンズ成分を有して構成されることが好ましい。

【0011】

また、上述の発明において、広角端状態における画角が75度以上であることが好ましい。

【0012】

また、上述の発明において、前記複数のレンズ群が、光軸に沿って物体側から順に並んだ、前記第1レンズ群と、第2レンズ群と、第3レンズ群と、第4レンズ群とから構成されることが好ましい。

【0013】

また、上述の発明において、前記第2レンズ群が負の屈折力を有し、前記第3レンズ群が正の屈折力を有し、前記第4レンズ群が正の屈折力を有していることが好ましい。

【0014】

また、上述の発明において、前記第1レンズ群および前記第3レンズ群は、広角端から望遠端へのズームングの際に固定され、前記第2レンズ群および前記第4レンズ群は、前記広角端から望遠端へのズームングの際に光軸に沿って移動することが好ましい。

【0015】

また、上述の発明において、前記複数のレンズ群のうち、前記シフトレンズ群を含むレンズ群における最も物体側にあるレンズ成分の像側の隣に、開口絞りが設けられていることが好ましい。

【0016】

また、前記複数のレンズ群のうち、前記シフトレンズ群を含むレンズ群における最も物

体側にあるレンズ成分の物体側の隣に、開口絞りが設けられてもよい。

【0017】

また、上述の発明において、広角端状態におけるズームレンズ全系での焦点距離を f_w とし、前記複数のレンズ群のうち前記シフトレンズ群を含むレンズ群全体の焦点距離を f_s としたとき、次式

$$0.2 < f_w / f_s < 0.5$$

の条件を満足することが好ましい。

【0018】

また、本発明に係る光学機器は、物体の像を所定の像面上に結像させるズームレンズを備えた光学機器において、前記ズームレンズが本発明に係るズームレンズであることを特徴とする。

【0019】

また、本発明に係る結像方法は、光軸に沿って物体側から順に並んだ複数のレンズ群を備えたズームレンズを用いて、前記物体の像を所定の像面上に結像させる結像方法であって、前記複数のレンズ群のうち最も物体側に並ぶ第1レンズ群に正の屈折力を持たせ、前記第1レンズ群に、光路を折り曲げる光路折り曲げ素子を設けるとともに、前記光路折り曲げ素子よりも物体側に複数のレンズ成分を配置し、前記第1レンズ群より像側に並ぶレンズ群のうち少なくとも一部をシフトレンズ群として光軸に対し略直角な方向へ移動可能にすることを特徴とする。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、像シフト可能でありながら小型で高い結像性能を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下、本願の好ましい実施形態について図を参照しながら説明する。本願に係るズームレンズZLを備えたデジタルスチルカメラCAMが図1に示されている。なお図1において、(a)はデジタルスチルカメラの正面図を、(b)は背面図をそれぞれ示す。また図2は、図1(a)中の矢印I I'-I I'に沿った断面図であり、後述するズームレンズZLの概要を示している。

【0022】

図1および図2に示すデジタルスチルカメラCAMは、不図示の電源釦を押すと、撮影レンズ(ZL)の不図示のシャッターが開放されて、撮影レンズ(ZL)で被写体(物体)からの光が集光され、像面Iに配置された撮像素子Cに結像される。撮像素子Cに結像された被写体像は、デジタルスチルカメラCAMの背後に配置された液晶モニターMに表示される。撮影者は、液晶モニターMを見ながら被写体像の構図を決めた後、リリース釦B1を押し下げて被写体像を撮像素子Cで撮影し、不図示のメモリーに記録保存する。

【0023】

撮影レンズは、本願に係るズームレンズZLで構成されており、デジタルスチルカメラCAMの正面から入射した光は、ズームレンズZL内の光路折り曲げ素子Pで略90度下方(図2の紙面下方)へ光路が折り曲げられるため、デジタルスチルカメラCAMを薄型化することが可能になる。また、デジタルスチルカメラCAMには、被写体が暗い場合に補助光を発光する補助光発光部D、ズームレンズZLを広角端状態(W)から望遠端状態(T)にズームングする際のワイド(W)-テレ(T)釦B2、およびデジタルスチルカメラCAMの種々の条件設定等に使用するファンクション釦B3等が配置されている。

【0024】

ズームレンズZLは、光軸に沿って物体側から順に並んだ、光路折り曲げ素子Pを備えて正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを備え、第3レンズ群G3の全体または一部をシフトレンズ群として光軸に対し略直角な方向へ移動させることによって、像面上の像シフトが可能に構成される。

【0025】

また、広角端から望遠端へのズームングの際、第1レンズ群G1および第3レンズ群G3は像面1に対して固定され、第2レンズ群G2および第4レンズ群G4が光軸に沿って移動することで、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が増大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が減少し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が減少するようになっている。なお、ズームレンズZLと像面1との間には、ローパスフィルタや赤外カットフィルタ等から構成されるフィルタ群FLが配設される。

【0026】

第1レンズ群G1は、光路を約90度折り曲げる作用を有し、かつ、光束を収斂する作用を有する。広角端から望遠端へのズームングの際、第1レンズ群G1が常に固定であることで、各レンズ群の中で一番大きく、重量を有するレンズ群を可動させる必要がなくなり、構造的に簡素化することが可能である。

【0027】

また、複数のレンズ群のうち最も物体側に並ぶ第1レンズ群G1は、正の屈折力を持つとともに、光路を折り曲げる光路折り曲げ素子Pを有しており、広画角化を図るため、光路折り曲げ素子Pよりも物体側に複数のレンズ成分が配置されていることが好ましく、例えば、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた第1の負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた第2の負メニスカスレンズと、光路折り曲げ素子Pと、物体側に凸面を向けた正レンズとから構成されることが望ましい。このようにすれば、構造的に簡素化でき、最小限の構成枚数で、第1レンズ群G1単独で発生する球面収差およびコマ収差を良好に補正することができる。

【0028】

第2レンズ群G2は、第1レンズ群G1により形成される被写体（物体）の像を拡大する作用をなし、広角端状態から望遠端状態へ向かうに従い、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔を広げることにより拡大率を高めて、焦点距離を変化させている。

【0029】

第3レンズ群G3は、第2レンズ群G2によって拡大された光束を収斂させる作用をなし、高性能化を達成するには、第3レンズ群G3を複数のレンズ成分で構成することが望ましい。また、第3レンズ群G3は、レンズシフト時に画像が良好になるように、球面収差およびサインコンディション、ベッツパールの和が良好に補正された状態にする必要がある。

【0030】

球面収差およびサインコンディションの補正は、シフトレンズ群を光軸に対し略直角な方向へ移動させた際に画面中心部で発生する偏心コマ収差を抑えるためである。また、ベッツパールの和の補正は、シフトレンズ群を光軸に対し略直角な方向へ移動させた際に画面周辺部で発生する像面湾曲を抑えるためである。レンズシフト時には、第3レンズ群G3の全体または一部を（シフトレンズ群として）光軸に対し略直角な方向へ移動させることでシフトを行い、手ぶれ発生時の像面上的像ぶれを補正している。

【0031】

第4レンズ群G4は、第3レンズ群G3によって収斂される光束をより収斂させる作用をなし、焦点距離を変化させる際（ズームングの際）に第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔を積極的に変化させることで、焦点距離の変化に対する、像面の変動を抑えることができる。

【0032】

このような複数のレンズ群を備えたズームレンズZLにおいて、前述したように、第1レンズ群G1より像側に並ぶレンズ群のうち少なくとも一部がシフトレンズ群として光軸に対し略直角な方向へ移動可能であることが好ましい。このようにすれば、小型で高い結像性能を有する像シフト可能な（すなわち、防振機能を有する）ズームレンズZLおよび、これを備えた光学機器（デジタルスチルカメラCAM）を得ることが可能になる。なお、第1レンズ群G1をシフトレンズ群としないので、最も大きい第1レンズ群G1を固定

とすることができ、防振のためのレンズ駆動機構の複雑化を回避することができる。

【0033】

なおこのとき、広角端状態における第3レンズ群G3（シフトレンズ群）の使用横倍率を β_{aw} とし、広角端状態における第3レンズ群G3と像面との間にあるレンズ系全系での使用横倍率を β_{bw} とし、広角端状態におけるズームレンズ全系での焦点距離を f_w とし、最大像高を Y_{max} としたとき、次の条件式（1）で表される条件を満足することが好ましい。

【0034】

$$0.75 < \beta_{bw} \times (1 - \beta_{aw}) / (Y_{max} / f_w) < 1.2 \quad \cdots (1)$$

【0035】

条件式（1）の分子は、いわゆるブレ係数と呼ばれるもので、広角端状態における第3レンズ群G3の光軸から略直角な方向への移動量に対する、像面上における像の光軸から直角な方向への移動量について適切な範囲を規定している。ここで、ブレ係数について説明すると、一般に、シフトレンズ群を光軸に対し略直角な方向へ移動させて像面上の像をシフトさせる場合、シフトレンズ群の移動量 δ に対する像のシフト量 Δ は、次の（A）式で表される。

【0036】

$$\Delta = \delta \times (1 - \beta_a) \times \beta_b \quad \cdots (A)$$

【0037】

この（A）式を変形すると、次の（B）式が得られる。

【0038】

$$\Delta / \delta = (1 - \beta_a) \times \beta_b \quad \cdots (B)$$

【0039】

但し、 β_a はシフトレンズ群の横倍率であり、 β_b はシフトレンズ群よりも像側に配置されたレンズ群による横倍率である。そして、（B）式の右辺にある $(1 - \beta_a) \times \beta_b$ をブレ係数と呼ぶ。

【0040】

条件式（1）の上限値を上回る条件である場合、第3レンズ群G3の光軸からの移動量に対する像の移動量が大きくなり過ぎてしまい、第3レンズ群G3が微小量移動しただけで、像が大きく移動してしまうので、シフトレンズ群の位置制御が困難になってしまい、十分な精度を得ることが出来なくなってしまう。また、コマ収差と像面湾曲が悪化してしまい好ましくない。一方、条件式（1）の下限値を下回る条件である場合、第3レンズ群G3の光軸からの移動量に対する像の移動量が相対的に小さくなってしまい、手ぶれ等による像ぶれをキャンセルするために必要なシフトレンズ群の移動量が極端に大きくなってしまう。その結果、シフトレンズ群（第3レンズ群G3）を移動させる駆動機構が大型化してしまい、レンズ径の小型化を図ることができなくなってしまう。また、コマ収差が悪化してしまい好ましくない。

【0041】

なお、本願の効果を確実にするために、条件式（1）の上限値を1.15にすることがより好ましい。さらに、本願の効果を確実にするために、条件式（1）の上限値を1.1にすることがさらに好ましい。また、本願の効果を確実にするために、条件式（1）の下限値を0.77にすることがより好ましい。さらに、本願の効果を確実にするために、条件式（1）の下限値を0.80にすることがさらに好ましい。

【0042】

また、シフトレンズ群である第3レンズ群G3は、広角端から望遠端へのズームングの際に固定されることが好ましい。このようにすれば、シフトレンズ群（第3レンズ群G3）を移動させる駆動機構の複雑化を回避することができる。

【0043】

また、上述の発明において、シフトレンズ群である第3レンズ群G3は、複数のレンズ成分を有して構成されることが好ましい。このようにすれば、防振機能の効率を向上させ

ることが可能になる。

【0044】

また、広角端状態における画角が75度以上であることが好ましく、80度以上であることがより好ましい。このようにすれば、画角を広範囲にすることができ、撮影の自由度を向上させることが可能になる。

【0045】

また、前述のように、ズームレンズZ Lを構成する複数のレンズ群が、光軸に沿って物体側から順に並んだ、第1レンズ群G 1と、第2レンズ群G 2と、第3レンズ群G 3と、第4レンズ群G 4とから構成されることが好ましい。このようにすれば、ズームレンズZ Lを適切に小型化することが可能になる。

【0046】

またこのとき、第2レンズ群G 2が負の屈折力を有し、第3レンズ群G 3が正の屈折力を有し、第4レンズ群G 4が正の屈折力を有していることが好ましい。このようにすれば、最小構成で所望の光学性能を得ることが可能になる。

【0047】

またこのとき、第1レンズ群G 1および第3レンズ群G 3は、広角端から望遠端へのズームングの際に固定され、第2レンズ群G 2および第4レンズ群G 4は、広角端から望遠端へのズームングの際に光軸に沿って移動することが好ましい。このようにすれば、ズームングによる収差の変動を小さくすることができる。

【0048】

また、さらなる高性能化とレンズシフト時の性能劣化とをバランスさせるため、第3レンズ群G 3（シフトレンズ群を含むレンズ群）における最も物体側にあるレンズ成分の像側の隣に、開口絞りが設けられていることが好ましい。像シフト可能なレンズ群は、レンズシフト時の性能劣化を最低限に抑えるため、ズームングの際に、軸外光束が光軸の近くを通過する絞りに近い箇所ではレンズシフトを行うことにより、結像性能を良好に保つことが可能になる。

【0049】

なお、第3レンズ群G 3における最も物体側にあるレンズ成分の物体側の隣に、開口絞りが設けられてもよい。このようにしても、上述の場合と同様の効果を得ることができる。

【0050】

また、広角端状態におけるズームレンズ全系での焦点距離を f_w とし、第3レンズ群G 3（シフトレンズ群を含むレンズ群全体）の焦点距離を f_s としたとき、次の条件式（2）で表される条件を満足することが好ましい。

【0051】

$$0.2 < f_w / f_s < 0.5 \quad \cdots (2)$$

【0052】

条件式（2）は、第3レンズ群G 3の焦点距離を規定するための条件式である。条件式（2）の上限値を上回る条件である場合、第3レンズ群G 3の屈折力が強くなってしまい、第3レンズ群G 3単体で発生する球面収差が大きくなってしまふ。一方、条件式（2）の下限値を下回る条件である場合、第3レンズ群G 3の屈折力が弱くなってしまい、アフォーカルでなくなってしまうので、レンズシフトさせた際に像面湾曲の変化が大きくなってしまふ。

【0053】

なお、本願の効果を確実にするために、条件式（2）の上限値を0.45にすることがより好ましい。さらに、本願の効果を確実にするために、条件式（2）の上限値を0.4にすることがさらに好ましい。また、本願の効果を確実にするために、条件式（2）の下限値を0.23にすることがより好ましい。さらに、本願の効果を確実にするために、条件式（2）の下限値を0.26にすることがさらに好ましい。

【0054】

また、本実施形態において、第3レンズ群G3は、第3レンズ群G3単独で発生する球面収差を良好に補正するとともに、射出瞳位置を像面からなるべく遠くするため、正の屈折力を有する単レンズと、負の屈折力を有する接合レンズとで構成されることが好ましく、具体的には、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凸面に向けた正レンズと、物体側に凸面に向けた正レンズと像側に凹面に向けた負レンズとを貼り合わせた負の屈折力を有する接合レンズとで構成されることが望ましい。このようにすれば、物体側に凸面に向けた正レンズにより、軸外光束が収斂され、光軸から離れないようにすることで、レンズ径の小型化を達成することができる。

【実施例】

【0055】

以下、本願の各実施例を添付図面に基づいて説明する。各実施例に係るズームレンズZは、前述したように、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを備え、第3レンズ群G3をシフトレンズ群として光軸に対し略直角な方向へ移動可能に構成される。また、第4レンズ群G4と像面Iとの間には、ローパスフィルタや赤外カットフィルタ等から構成されるフィルタ群F1が配設される。

【0056】

また、図3に示すように、広角端から望遠端へのズームングの際、第2レンズ群G2および第4レンズ群G4が光軸に沿って移動し、第1レンズ群G1および第3レンズ群G3が像面Iに対して固定されるようになっている。このとき、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が増大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が減少し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が減少する。なお、図3は、本発明の各実施例にかかるズームレンズの屈折力配分および、広角端状態(W)から望遠端状態(T)への焦点距離状態の変化(ズームング)における各レンズ群の移動の様子を示す図である。

【0057】

以下に、表1～表5を示すが、これらは第1～第5実施例における諸元の値をそれぞれ掲げた表である。各表において、fは焦点距離を、F、NOはFナンバーを、 2ω は面角を、Bfはバックフォーカスをそれぞれ表している。さらに、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序を、屈折率およびアッペ数はそれぞれd線($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)に対する値を示している。ここで、以下の全ての諸元値において掲載されている焦点距離f、曲率半径、面間隔、その他長さの単位は一般に「mm」が使われるが、光学系は、比例拡大または比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、これに限られるものではない。なお、曲率半径「0.0000」は平面を示し、空気屈折率である「1.00000」の記載は省略してある。

【0058】

また、各表中において*印が付される非球面は、光軸に垂直な方向の高さをyとし、高さyにおける各非球面の頂点の接平面から各非球面までの光軸に沿った距離(サグ量)をS(y)、基準球面の曲率半径(近軸曲率半径)をr、円錐定数をK、n次($n=4, 6, 8, 10$)の非球面係数をCnとしたとき、次の条件式(3)で表される。なお、各実施例において、2次の非球面係数C2は0であり、記載を省略している。

【0059】

$$S(y) = (y^2/r) / \{1 + (1 - K \times y^2/r^2)^{1/2}\} + C4 \times y^4 + C6 \times y^6 + C8 \times y^8 + C10 \times y^{10} \dots (3)$$

【0060】

また、各表において、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔をd8とし、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔をd13とし、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との軸上空気間隔をd19とし、第4レンズ群G4とフィルタ群F1との軸上空気間隔をd24とする。これらの軸上空気間隔(d8, d13, d19, d24)は、ズームングに際して変化する。

【0061】

(第1実施例)

以下、本願の第1実施例について図4～図7および表1を用いて説明する。図4は、第1実施例に係るズームレンズの構成を示す図である。図4のズームレンズZ1において、第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と、光路を約90度折り曲げることを目的とした直角プリズム等の光路折り曲げ素子Pと、物体側に非球面を備えた両凸形状の正レンズL13とから構成される。第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、像側に非球面を備えた両凹形状の負レンズL21と、両凹形状の負レンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとを貼り合わせた負の接合レンズL22とから構成される。

【0062】

第3レンズ群G3は、物体側から順に並んだ、物体側に非球面を備えた両凸形状の正レンズL31と、両凸形状の正レンズと両凹形状の負レンズとを貼り合わせた負の接合レンズL32とから構成される。前述したように、手ぶれ補正は、第3レンズ群G3を光軸に対し略直角な方向へ移動（シフト）させることにより、手ぶれ発生時の像面I上における像シフトを行うことで達成している。第4レンズ群G4は、物体側から順に並んだ、像側に非球面を備えた両凸形状の正レンズL41と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと像側に凹面を向けた負メニスカスレンズとを貼り合わせた負の接合レンズL42とから構成される。そして、第4レンズ群G4と像面Iとの間には、前述のフィルタ群FLが配設される。

【0063】

なお、像面Iは、不図示の撮像素子上に形成され、当該撮像素子はCCDやCMOS等から構成されている（以降の実施例についても同様である）。また、開口絞りSは、第3レンズ群G3中に配設され、広角端から望遠端へのズームングの際、像面Iに対して固定されるようになっている。なお、図4において、光路折り曲げ素子Pを展開した状態で示している。

【0064】

下の表1に、第1実施例における各諸元を示す。なお、表1における面番号1～28は、図4における面1～28と対応している。また、第1実施例において、第7面、第10面、第14面、および第21面の各レンズ面は非球面形状に形成されている。

【0065】

(表1)

[全体諸元]

	広角端		中間焦点距離		望遠端
f	4.76	～	10.90	～	16.00
F、NO	3.39	～	4.37	～	5.25
2ω	80.14	～	37.24	～	25.72

[レンズ諸元]

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数
1	18.6052	0.80	1.94594	17.98
2	9.2332	1.95		
3	20.5794	0.80	1.94594	17.98
4	12.2688	1.95		
5	0.0000	10.00	1.88300	40.76
6	0.0000	0.30		
7*	17.1158	2.60	1.77377	47.17
8	-17.3727	(d8)		
9	-32.1726	0.80	1.85135	40.10
10*	9.3884	1.03		

1 1	-28.0662	0.80	1.81600	46.62
1 2	7.5136	1.37	1.94594	17.98
1 3	71.7778	(d 1 3)		
1 4 *	6.2231	1.47	1.58913	61.25
1 5	-30.2015	0.50		
1 6	0.0000	0.50		(開口絞り S)
1 7	17.7088	1.85	1.65160	58.55
1 8	-3.7876	0.80	1.83480	42.71
1 9	10.2556	(d 1 9)		
2 0	11.4173	2.15	1.60602	57.44
2 1 *	-11.3941	0.20		
2 2	5.7634	2.05	1.49700	81.54
2 3	21.6740	0.80	1.92286	20.88
2 4	5.2619	(d 2 4)		
2 5	0.0000	0.55	1.54437	70.51
2 6	0.0000	0.40		
2 7	0.0000	0.50	1.51633	64.14
2 8	0.0000	(B f)		

[非球面データ]

面番号	K	C4	C6	C8	C10
7	-4.3192	$+5.7533 \times 10^{-6}$	-9.7251×10^{-7}	$+5.6654 \times 10^{-9}$	-3.8484×10^{-12}
10	-9.0000	$+1.3708 \times 10^{-8}$	-5.0280×10^{-5}	$+1.6668 \times 10^{-6}$	$+7.8186 \times 10^{-9}$
14	$+0.4220$	$+1.7499 \times 10^{-4}$	$+1.7178 \times 10^{-5}$	$+9.9604 \times 10^{-7}$	-1.1530×10^{-11}
21	$+0.8800$	$+4.5013 \times 10^{-4}$	-8.6183×10^{-7}	$+5.7880 \times 10^{-7}$	-2.6469×10^{-8}

[可変間隔]

	広角端	中間焦点距離	望遠端
f	4.7600	10.8950	16.0000
d 8	1.2186	6.2361	7.7544
d 1 3	7.5858	2.5683	1.0500
d 1 9	6.7709	3.1651	1.1000
d 2 4	5.6475	9.2532	11.3183
B f	0.5999	0.6000	0.6000

[条件対応値]

 $\beta a w = 8.18708$ $\beta b w = -0.09505$ $Y m a x = 3.75000$ $f w = 4.76000$ $f s (f 3) = 15.95940$ 条件式 (1) $\beta b w \times (1 - \beta a w) / (Y m a x / f w) = 0.8671$ 条件式 (2) $f w / f s = 0.2983$

【0066】

このように本実施例では、上記条件式 (1) ～ (2) が全て満たされていることが分かる。

【0067】

図5～図7は、d線 ($\lambda = 587.6 \text{ nm}$) に対する第1実施例の諸収差図である。すなわち、図5 (a) は広角端状態 ($f = 4.76 \text{ mm}$) における無限遠合焦状態での諸収差図であり、図5 (b) は広角端状態におけるレンズシフト時の横収差図であり、図6 (a) は中間焦点距離状態 ($f = 10.90 \text{ mm}$) における無限遠合焦状態での諸収差図であり、図6 (b) は中間焦点距離状態におけるレンズシフト時の横収差図であり、図7 (a) は望遠端状態 ($f = 16.00 \text{ mm}$) における無限遠合焦状態での諸収差図であり、

図7 (b) は望遠端状態におけるレンズシフト時の横収差図である。

【0068】

各収差図において、FNOはFナンバーを、Aは各像高に対する半画角をそれぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。さらに、球面収差を示す収差図において、実線は球面収差を示し、破線はサインコンディション（正弦条件）を示している。以上、収差図の説明は他の実施例においても同様である。そして、各収差図から明らかなように、第1実施例では、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

【0069】

（第2実施例）

以下、本願の第2実施例について図8～図11および表2を用いて説明する。図8は、第2実施例に係るズームレンズの構成を示す図である。なお、第2実施例のズームレンズは、第2レンズ群の構成を除いて第1実施例のズームレンズと同様の構成であり、各部に第1実施例の場合と同一の符号を付して詳細な説明を省略する。なお、第2実施例の第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、像側に非球面を備えた両凹形状の負レンズL21と、両凹形状の負レンズと両凸形状の正レンズとを貼り合わせた負の接合レンズL22とから構成される。

【0070】

下の表2に、第2実施例における各諸元を示す。なお、表2における面番号1～28は、図8における面1～28と対応している。また、第2実施例において、第7面、第10面、第14面、および第21面の各レンズ面は非球面形状に形成されている。

【0071】

（表2）

〔全体諸元〕

	広角端		中間焦点距離		望遠端
	$f = 4.76$	～	10.83	～	16.83
F, NO	$= 3.69$	～	4.63	～	5.63
	$2\omega = 80.13$	～	37.46	～	24.50

〔レンズ諸元〕

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数
1	24.0157	0.80	1.94594	17.98
2	8.8935	1.93		
3	21.2986	0.80	2.00069	25.46
4	16.1029	1.50		
5	0.0000	9.60	1.88300	40.76
6	0.0000	0.30		
7*	19.6885	2.55	1.77377	47.17
8	-16.7162	(d 8)		
9	-71.9418	0.80	1.85135	40.10
10*	9.2063	1.22		
11	-14.8404	0.80	1.81600	46.62
12	10.8518	1.31	1.94594	17.98
13	-67.4208	(d 13)		
14*	5.9953	1.45	1.58913	61.25
15	-36.9608	0.50		
16	0.0000	0.50		
17	13.8168	1.85	1.64000	60.08
18	-4.0035	0.80	1.83481	42.71
19	8.2259	(d 19)		

（開口絞りS）

2 0	11.9130	2.09	1.58913	61.25
2 1*	-11.2129	0.20		
2 2	5.9451	2.05	1.49700	81.54
2 3	64.9268	0.80	1.84666	23.78
2 4	5.6786	(d 2 4)		
2 5	0.0000	0.55	1.54437	70.51
2 6	0.0000	0.40		
2 7	0.0000	0.50	1.51633	64.14
2 8	0.0000	(B f)		

[非球面データ]

面番号	K	C4	C6	C8	C10
7	-3.6294	$+1.6073 \times 10^{-5}$	-4.6863×10^{-7}	$+4.0036 \times 10^{-9}$	-2.0969×10^{-11}
1 0	-9.0000	$+1.5122 \times 10^{-3}$	-5.1954×10^{-5}	$+1.0103 \times 10^{-6}$	$+3.8507 \times 10^{-8}$
1 4	+0.4518	$+1.7174 \times 10^{-4}$	$+1.9840 \times 10^{-5}$	$+1.6119 \times 10^{-8}$	$+4.3659 \times 10^{-8}$
2 1	+6.5379	$+8.9943 \times 10^{-4}$	$+2.2966 \times 10^{-5}$	-4.2505×10^{-7}	$+8.1325 \times 10^{-8}$

[可変間隔]

	広角端	中間焦点距離	望遠端
f	4.7600	10.8344	16.8300
d 8	1.2428	7.0385	9.0846
d 1 3	8.8916	3.0958	1.0500
d 1 9	6.9489	3.3971	1.1000
d 2 4	5.5049	9.0566	11.3537
B f	0.5998	0.5999	0.5998

[条件対応値]

 $\beta_{aw} = 15.64980$ $\beta_{bw} = -0.04617$ $Y_{max} = 3.75000$ $f_w = 4.75998$ $f_s (f_3) = 16.49704$ 条件式 (1) $\beta_{bw} \times (1 - \beta_{aw}) / (Y_{max} / f_w) = 0.8585$ 条件式 (2) $f_w / f_s = 0.2885$

【0072】

このように本実施例では、上記条件式 (1) ~ (2) が全て満たされていることが分かる。

【0073】

図9~図11は、d線 ($\lambda = 587.6 \text{ nm}$) に対する第2実施例の諸収差図である。すなわち、図9 (a) は広角端状態 ($f = 4.76 \text{ mm}$) における無限遠合焦状態での諸収差図であり、図9 (b) は広角端状態におけるレンズシフト時の横収差図であり、図10 (a) は中間焦点距離状態 ($f = 10.83 \text{ mm}$) における無限遠合焦状態での諸収差図であり、図10 (b) は中間焦点距離状態におけるレンズシフト時の横収差図であり、図11 (a) は望遠端状態 ($f = 16.83 \text{ mm}$) における無限遠合焦状態での諸収差図であり、図11 (b) は望遠端状態におけるレンズシフト時の横収差図である。そして、各収差図から明らかなように、第2実施例では、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

【0074】

(第3実施例)

以下、本願の第3実施例について図12~図15および表3を用いて説明する。図12は、第3実施例に係るズームレンズの構成を示す図である。なお、第3実施例のズームレンズは、開口絞りの構成を除いて第1実施例のズームレンズと同様の構成であり、各部に第1実施例の場合と同一の符号を付して詳細な説明を省略する。なお、第3実施例の開口

絞りSは、第3レンズ群G3の最も物体側に配置され、広角端から望遠端へのズームングの際、像面Iに対して固定されるようになっている。

【0075】

下の表3に、第3実施例における各諸元を示す。なお、表3における面番号1～28は、図12における面1～28と対応している。また、第3実施例において、第7面、第10面、第15面、および第21面の各レンズ面は非球面形状に形成されている。

【0076】

(表3)

[全体諸元]

	広角端		中間焦点距離		望遠端
	$f=4.76$	～	10.90	～	16.83
F, NO	$=3.61$	～	4.48	～	5.31
2ω	$=80.08$	～	37.30	～	24.50

[レンズ諸元]

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数
1	18.6003	0.80	1.94594	17.98
2	9.1299	1.95		
3	20.0061	0.80	1.94594	17.98
4	12.2378	1.95		
5	0.0000	10.00	1.83400	37.16
6	0.0000	0.30		
7*	17.6318	2.59	1.77377	47.17
8	-17.0143	(d 8)		
9	-95.1601	0.80	1.85135	40.10
10*	9.6243	1.05		
11	-18.7968	0.80	1.81600	46.62
12	7.0462	1.31	1.94594	17.98
13	49.4372	(d 13)		
14	0.0000	0.50		(開口絞りS)
15*	5.7357	1.66	1.58913	61.25
16	-13.8410	0.20		
17	27.9825	1.85	1.65160	58.55
18	-4.2034	0.80	1.83481	42.71
19	7.6543	(d 19)		
20	11.0138	2.15	1.60602	57.44
21*	-11.6568	0.20		
22	6.7719	2.05	1.49700	81.54
23	43.7568	0.80	1.92286	20.88
24	6.2063	(d 24)		
25	0.0000	0.55	1.54437	70.51
26	0.0000	0.40		
27	0.0000	0.50	1.51633	64.14
28	0.0000	(B f)		

[非球面データ]

面番号	K	C4	C6	C8	C10
7	-3.5829	$+3.1195 \times 10^{-6}$	-6.5188×10^{-7}	$+8.6095 \times 10^{-10}$	$+4.2745 \times 10^{-11}$
10	-9.0000	$+1.3893 \times 10^{-3}$	-3.2887×10^{-5}	-2.9925×10^{-7}	$+1.1579 \times 10^{-7}$
15	+0.1967	$+5.0256 \times 10^{-6}$	$+6.1634 \times 10^{-6}$	$+2.2998 \times 10^{-6}$	-1.2189×10^{-7}
21	+0.6898	$+3.7981 \times 10^{-4}$	$+7.2724 \times 10^{-6}$	-9.6564×10^{-8}	-5.0538×10^{-9}

[可変間隔]

	広角端	中間焦点距離	望遠端
f	4.7600	10.8950	16.8300
d 8	1.2203	6.3686	8.2935
d 1 3	8.1217	2.9734	1.0485
d 1 9	6.7033	3.1869	1.1000
d 2 4	5.8354	9.3517	11.4386
B f	0.6000	0.6000	0.6000

[条件対応値]

$$\beta_{aw}=14.35970$$

$$\beta_{bw}=-0.05428$$

$$Y_{max}=3.75000$$

$$f_w=4.7600$$

$$f_s(f_3)=15.97021$$

$$\text{条件式(1)} \quad \beta_{bw} \times (1 - \beta_{aw}) / (Y_{max} / f_w) = 0.9205$$

$$\text{条件式(2)} \quad f_w / f_s = 0.2981$$

[0077]

このように本実施例では、上記条件式(1)～(2)が全て満たされていることが分かる。

[0078]

図13～図15は、d線($\lambda=587.6\text{nm}$)に対する第3実施例の諸収差図である。すなわち、図13(a)は広角端状態($f=4.76\text{mm}$)における無限遠合焦状態での諸収差図であり、図13(b)は広角端状態におけるレンズシフト時の横収差図であり、図14(a)は中間焦点距離状態($f=10.90\text{mm}$)における無限遠合焦状態での諸収差図であり、図14(b)は中間焦点距離状態におけるレンズシフト時の横収差図であり、図15(a)は望遠端状態($f=16.83\text{mm}$)における無限遠合焦状態での諸収差図であり、図15(b)は望遠端状態におけるレンズシフト時の横収差図である。そして、各収差図から明らかなように、第3実施例では、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

[0079]

(第4実施例)

以下、本願の第4実施例について図16～図19および表4を用いて説明する。図16は、第4実施例に係るズームレンズの構成を示す図である。なお、第4実施例のズームレンズは、第2レンズ群の構成を除いて第1実施例のズームレンズと同様の構成であり、各部に第1実施例の場合と同一の符号を付して詳細な説明を省略する。なお、第4実施例の第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、像側に非球面を備えるとともに像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹形状の負レンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとを貼り合わせた負の接合レンズL22とから構成される。

[0080]

下の表4に、第4実施例における各諸元を示す。なお、表4における面番号1～28は、図16における面1～28と対応している。また、第4実施例において、第7面、第10面、第14面、および第21面の各レンズ面は非球面形状に形成されている。

[0081]

(表4)

[全体諸元]

	広角端	中間焦点距離	望遠端
f	4.76	10.90	13.60
F, NO	3.35	4.42	4.94
2ω	80.12	37.28	30.08

[レンズ諸元]

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数
1	20.0659	0.80	1.94594	17.98
2	9.4663	1.74		
3	19.9098	0.80	1.94594	17.98
4	11.8056	1.95		
5	0.0000	10.00	1.88300	40.76
6	0.0000	0.30		
7*	16.0291	2.57	1.77377	47.17
8	-17.9853	(d 8)		
9	61.2821	0.80	1.85135	40.10
10*	8.0895	1.27		
11	-11.8561	0.80	1.81600	46.62
12	8.4147	1.31	1.94594	17.98
13	737.0197	(d 1 3)		
14*	6.1454	1.49	1.58913	61.25
15	-27.6421	0.50		
16	0.0000	0.50		(開口絞りS)
17	14.0938	1.85	1.65160	58.55
18	-4.0061	0.80	1.83481	42.71
19	8.7909	(d 1 9)		
20	10.9036	2.12	1.60602	57.44
21*	-10.6070	0.20		
22	5.5336	2.05	1.49700	81.54
23	34.8603	0.80	1.92286	20.88
24	5.2528	(d 2 4)		
25	0.0000	0.55	1.54437	70.51
26	0.0000	0.40		
27	0.0000	0.50	1.51633	64.14
28	0.0000	(B f)		

[非球面データ]

面番号	K	C4	C6	C8	C10
7	-4.0230	$+7.0504 \times 10^{-5}$	-1.2539×10^{-6}	$+1.4715 \times 10^{-8}$	-1.3631×10^{-10}
10	-9.0000	$+2.2831 \times 10^{-3}$	-1.0263×10^{-4}	$+4.6258 \times 10^{-6}$	-1.9824×10^{-8}
14	+0.3051	$+1.1920 \times 10^{-4}$	$+1.9083 \times 10^{-5}$	$+5.5497 \times 10^{-7}$	$+4.4974 \times 10^{-9}$
21	+3.0851	$+7.3914 \times 10^{-4}$	$+4.7542 \times 10^{-6}$	$+7.2955 \times 10^{-7}$	-3.1537×10^{-8}

[可変間隔]

	広角端	中間焦点距離	望遠端
f	4.7600	10.8950	13.6000
d 8	1.2138	5.8763	6.7098
d 1 3	6.5459	1.8835	1.0500
d 1 9	5.7301	2.2438	1.1000
d 2 4	4.8182	8.3044	9.4483
B f	0.5999	0.5999	0.5998

[条件対応値]

 $\beta_{aw}=9.82821$ $\beta_{bw}=-0.07995$ $Y_{max}=3.75000$ $f_w=4.76003$ $f_s(f_3)=14.44108$ 条件式 (1) $\beta_{bw} \times (1 - \beta_{aw}) / (Y_{max} / f_w) = 0.8959$

条件式 (2) $f_w / f_3 = 0.3296$

【0082】

このように本実施例では、上記条件式 (1) ～ (2) が全て満たされていることが分かる。

【0083】

図17～図19は、d線 ($\lambda = 587.6 \text{ nm}$) に対する第4実施例の諸収差図である。すなわち、図17(a)は広角端状態 ($f = 4.76 \text{ mm}$) における無限遠合焦状態での諸収差図であり、図17(b)は広角端状態におけるレンズシフト時の横収差図であり、図18(a)は中間焦点距離状態 ($f = 10.90 \text{ mm}$) における無限遠合焦状態での諸収差図であり、図18(b)は中間焦点距離状態におけるレンズシフト時の横収差図であり、図19(a)は望遠端状態 ($f = 13.60 \text{ mm}$) における無限遠合焦状態での諸収差図であり、図19(b)は望遠端状態におけるレンズシフト時の横収差図である。そして、各収差図から明らかなように、第4実施例では、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

【0084】

(第5実施例)

以下、本願の第5実施例について図20～図23および表5を用いて説明する。図20は、第5実施例に係るズームレンズの構成を示す図である。なお、第5実施例のズームレンズは、第2レンズ群および第4レンズ群の構成を除いて第1実施例のズームレンズと同様の構成であり、各部に第1実施例の場合と同一の符号を付して詳細な説明を省略する。なお、第5実施例の第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、像側に非球面を備えた両凹形状の負レンズL21と、両凹形状の負レンズと両凸形状の正レンズとを貼り合わせた負の接合レンズL22とから構成される。また、第5実施例の第4レンズ群G4は、物体側から順に並んだ、像側に非球面を備えた両凸形状の正レンズL41と、両凸形状の正レンズと両凹形状の負レンズとを貼り合わせた負の接合レンズL42とから構成される。

【0085】

下の表5に、第5実施例における各諸元を示す。なお、表5における面番号1～28は、図20における面1～28と対応している。また、第5実施例において、第7面、第10面、第14面、および第21面の各レンズ面は非球面形状に形成されている。

【0086】

(表5)

[全体諸元]

	広角端		中間焦点距離		望遠端
f	$f = 4.76$	～	10.83	～	19.20
$F, N\!O$	$F, N\!O = 3.47$	～	4.34	～	5.75
2ω	$2\omega = 80.20$	～	37.30	～	21.54

[レンズ諸元]

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数
1	17.2732	0.80	1.94594	17.98
2	8.3539	2.29		
3	22.2424	0.80	2.00069	25.46
4	14.8265	1.60		
5	0.0000	8.80	1.88300	40.76
6	0.0000	0.30		
7*	19.9314	2.56	1.76802	49.24
8	-16.2242	(d8)		
9	-21.2094	0.80	1.85135	40.10
10*	9.8366	1.00		
11	-34.3738	0.80	1.83481	42.71

1 2	7.9969	1.47	1.94594	17.98
1 3	-1158.0055	(d 1 3)		
1 4*	6.6673	1.51	1.59201	67.05
1 5	-28.2642	0.50		
1 6	0.0000	0.50		(開口絞り S)
1 7	11.6221	1.85	1.64000	60.08
1 8	-4.6955	0.80	1.88300	40.76
1 9	8.8567	(d 1 9)		
2 0	9.5123	2.50	1.59201	67.05
2 1*	-12.9644	0.20		
2 2	7.1445	2.15	1.49700	81.54
2 3	-85.6130	0.80	1.79504	28.54
2 4	5.8608	(d 2 4)		
2 5	0.0000	0.60	1.54437	70.51
2 6	0.0000	0.40		
2 7	0.0000	0.50	1.51633	64.14
2 8	0.0000	(B f)		

[非球面データ]

面番号	K	C4	C6	C8	C10
7	-7.6332	$+8.1356 \times 10^{-5}$	-1.1855×10^{-6}	$+1.0910 \times 10^{-8}$	-6.9554×10^{-11}
1 0	-9.0000	$+1.1174 \times 10^{-3}$	-4.2945×10^{-5}	$+1.3369 \times 10^{-6}$	-3.3511×10^{-9}
1 4	+0.4936	$+1.6354 \times 10^{-4}$	$+5.3401 \times 10^{-6}$	$+9.8630 \times 10^{-7}$	-2.7231×10^{-8}
2 1	+2.0477	$+5.2136 \times 10^{-4}$	$+6.2688 \times 10^{-7}$	$+2.6776 \times 10^{-7}$	-1.2539×10^{-8}

[可変間隔]

	広角端	中間焦点距離	望遠端
f	4.7600	10.8344	19.2000
d 8	1.2308	7.1168	9.5209
d 1 3	9.3400	3.4541	1.0500
d 1 9	8.5106	4.5925	1.1000
d 2 4	5.2744	9.1924	12.6849
B f	0.5999	0.6000	0.6000

[条件対応値]

$\beta_{aw} = 35.62253$
 $\beta_{bw} = -0.02083$
 $Y_{max} = 3.75000$
 $f_w = 4.75999$
 $f_s(f_3) = 16.32981$
 条件式(1) $\beta_{bw} \times (1 - \beta_{aw}) / (Y_{max} / f_w) = 0.9154$
 条件式(2) $f_w / f_s = 0.2915$

【0087】

このように本実施例では、上記条件式(1)～(2)が全て満たされていることが分かる。

【0088】

図21～図23は、d線($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)に対する第5実施例の諸収差図である。すなわち、図21(a)は広角端状態($f = 4.76 \text{ mm}$)における無限遠合焦状態での諸収差図であり、図21(b)は広角端状態におけるレンズシフト時の横収差図であり、図22(a)は中間焦点距離状態($f = 10.90 \text{ mm}$)における無限遠合焦状態での諸収差図であり、図22(b)は中間焦点距離状態におけるレンズシフト時の横収差図であり、図23(a)は望遠端状態($f = 13.60 \text{ mm}$)における無限遠合焦状態での諸収差図であり、図23(b)は望遠端状態におけるレンズシフト時の横収差図である。そ

して、各収差図から明らかなように、第5実施例では、広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

【0089】

なお、上述の実施形態において、以下に記載の内容は、光学性能を損なわない範囲で適宜採用可能である。

【0090】

上述の各実施例において、ズームレンズとして4群構成を示したが、2群、3群、5群等の他の群構成にも適用可能である。

【0091】

また、単独または複数のレンズ群、または部分レンズ群を光軸方向に移動させて、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う合焦レンズ群としてもよい。この合焦レンズ群は、オートフォーカスにも適用することができ、オートフォーカス用の（超音波モーター等による）モーター駆動にも適している。特に4群構成の場合、第2または第4レンズ群を合焦レンズ群とするのが好ましい。

【0092】

また、第3レンズ群に限らず、第2レンズ群の全体または一部を光軸に垂直な方向に振動させて、手ブレによって生じる像ブレを補正する防振レンズ群としてもよい。

【0093】

また、各レンズ面を非球面としても構わない。このとき、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に形成したガラスモールド非球面、ガラスの表面に樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれの非球面でも構わない。

【0094】

また、開口絞りは第3レンズ群（シフトレンズ群を含むレンズ群）近傍に配設されるのが好ましいが、開口絞りとしての部材を設けずに、レンズの枠でその役割を代用してもよい。

【0095】

また、各レンズ面には、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜が施され、フレアやゴーストを軽減し高コントラストである高い光学性能を達成できる。

【0096】

なお、本発明を分かりやすく説明するために実施形態の構成要件を付して説明したが、本発明がこれに限定されないことは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【0097】

【図1】（a）はデジタルスチルカメラの正面図であり、（b）デジタルスチルカメラの背面図である。

【図2】図1（a）中の矢印II-IIに沿った断面図である。

【図3】ズームレンズの屈折力配置を示す説明図である。

【図4】第1実施例に係るズームレンズの構成を示す断面図である。

【図5】（a）は第1実施例での無限遠合焦状態の広角端状態における諸収差図であり、

（b）は第1実施例での広角端状態におけるレンズシフト時の横収差図である。

【図6】（a）は第1実施例での無限遠合焦状態の中間焦点距離状態における諸収差図であり、（b）は第1実施例での中間焦点距離状態におけるレンズシフト時の横収差図である。

【図7】（a）は第1実施例での無限遠合焦状態の望遠端状態における諸収差図であり、

（b）は第1実施例での望遠端状態におけるレンズシフト時の横収差図である。

【図8】第2実施例に係るズームレンズの構成を示す断面図である。

【図9】（a）は第2実施例での無限遠合焦状態の広角端状態における諸収差図であり、

（b）は第2実施例での広角端状態におけるレンズシフト時の横収差図である。

【図10】（a）は第2実施例での無限遠合焦状態の中間焦点距離状態における諸収差図で

あり、(b)は第2実施例での中間焦点距離状態におけるレンズシフト時の横収差図である。

【図11】(a)は第2実施例での無限遠合焦状態の望遠端状態における諸収差図であり、(b)は第2実施例での望遠端状態におけるレンズシフト時の横収差図である。

【図12】第3実施例に係るズームレンズの構成を示す断面図である。

【図13】(a)は第3実施例での無限遠合焦状態の広角端状態における諸収差図であり、(b)は第3実施例での広角端状態におけるレンズシフト時の横収差図である。

【図14】(a)は第3実施例での無限遠合焦状態の中間焦点距離状態における諸収差図であり、(b)は第3実施例での中間焦点距離状態におけるレンズシフト時の横収差図である。

【図15】(a)は第3実施例での無限遠合焦状態の望遠端状態における諸収差図であり、(b)は第3実施例での望遠端状態におけるレンズシフト時の横収差図である。

【図16】第4実施例に係るズームレンズの構成を示す断面図である。

【図17】(a)は第4実施例での無限遠合焦状態の広角端状態における諸収差図であり、(b)は第4実施例での広角端状態におけるレンズシフト時の横収差図である。

【図18】(a)は第4実施例での無限遠合焦状態の中間焦点距離状態における諸収差図であり、(b)は第4実施例での中間焦点距離状態におけるレンズシフト時の横収差図である。

【図19】(a)は第4実施例での無限遠合焦状態の望遠端状態における諸収差図であり、(b)は第4実施例での望遠端状態におけるレンズシフト時の横収差図である。

【図20】第5実施例に係るズームレンズの構成を示す断面図である。

【図21】(a)は第5実施例での無限遠合焦状態の広角端状態における諸収差図であり、(b)は第5実施例での広角端状態におけるレンズシフト時の横収差図である。

【図22】(a)は第5実施例での無限遠合焦状態の中間焦点距離状態における諸収差図であり、(b)は第5実施例での中間焦点距離状態におけるレンズシフト時の横収差図である。

【図23】(a)は第5実施例での無限遠合焦状態の望遠端状態における諸収差図であり、(b)は第5実施例での望遠端状態におけるレンズシフト時の横収差図である。

【符号の説明】

【0098】

C AM デジタルスチルカメラ (光学機器)

Z L ズームレンズ

G 1 第1レンズ群

G 2 第2レンズ群

G 3 第3レンズ群

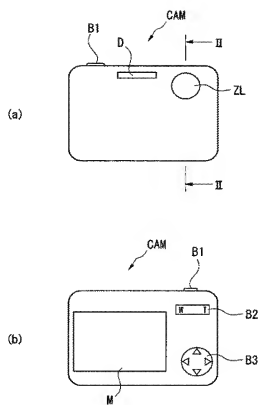
G 4 第4レンズ群

P 光路折り曲げ素子

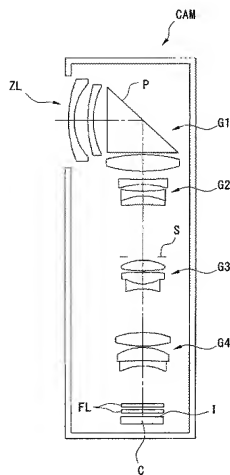
I 像面

S 開口絞り

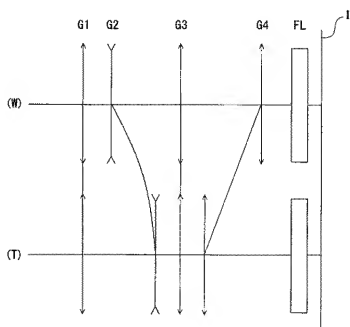
【図1】



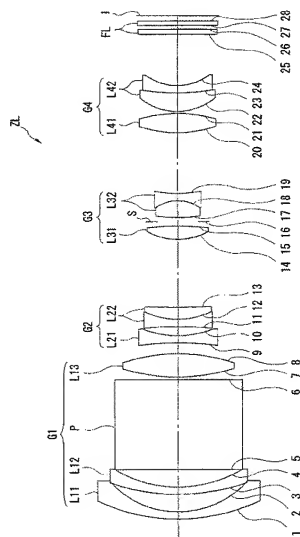
【図2】



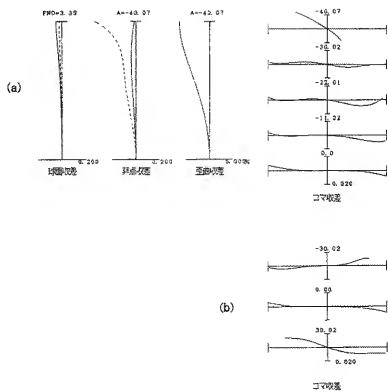
【図3】



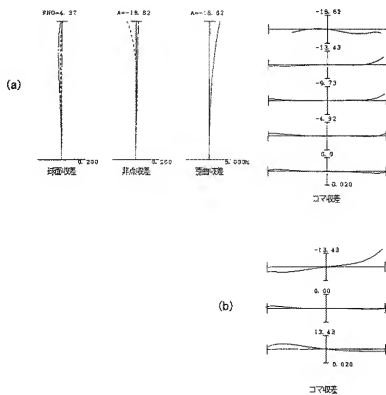
【図4】



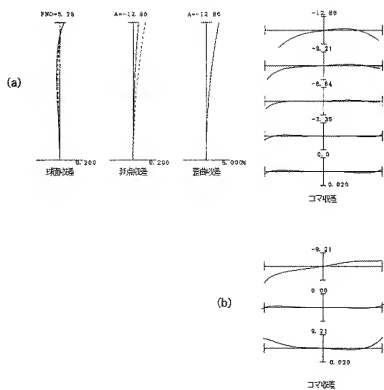
【図5】



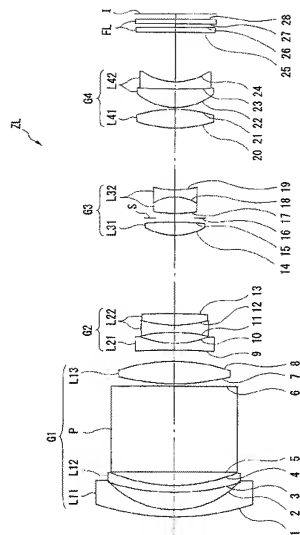
【図6】



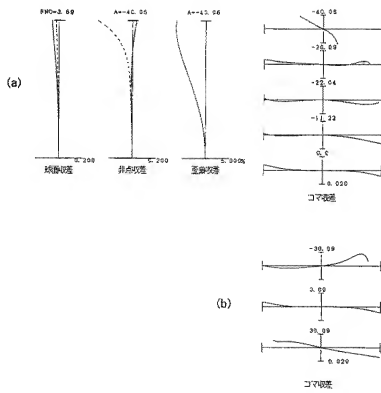
【図7】



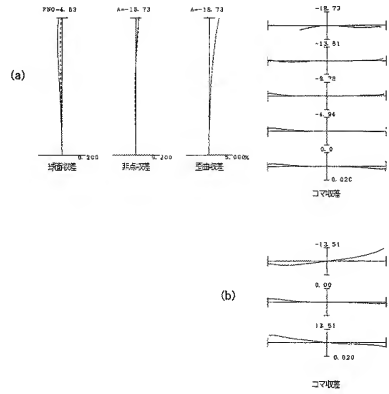
【図8】



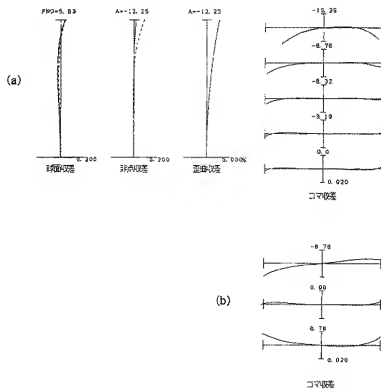
【図9】



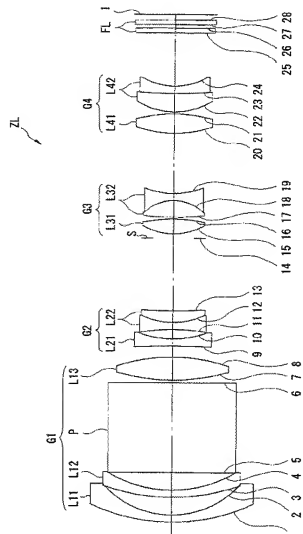
【図10】



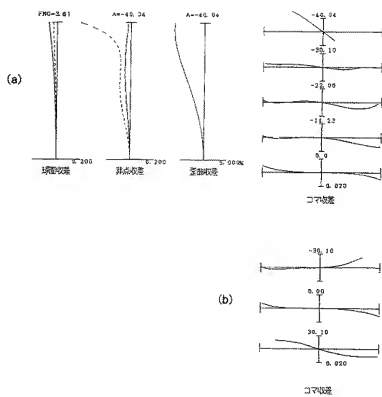
【図11】



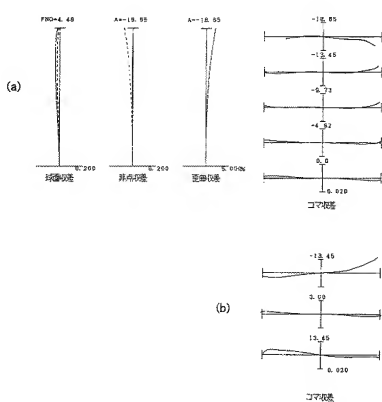
【図12】



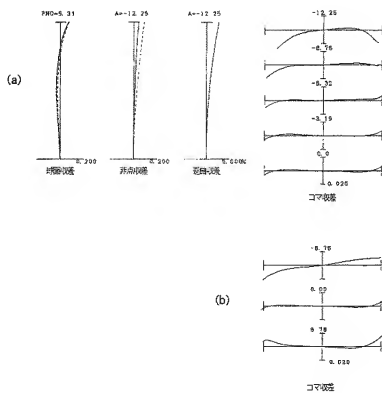
【図13】



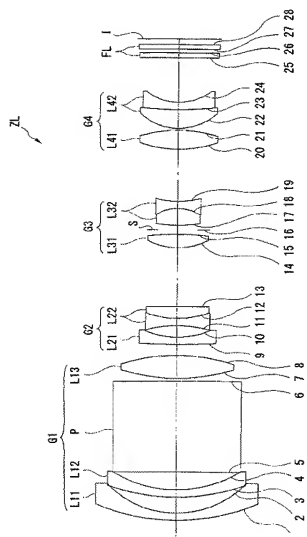
【図14】



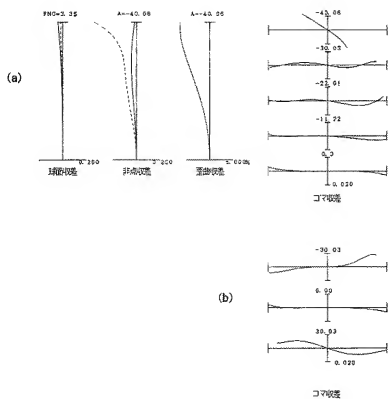
【図15】



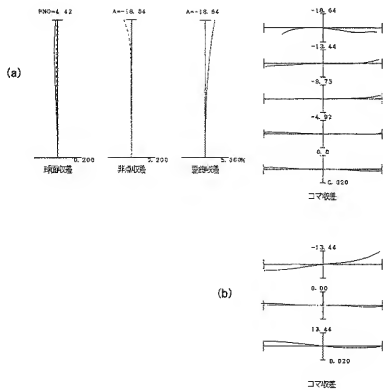
【図16】



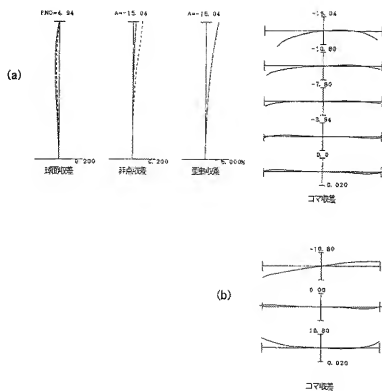
【図17】



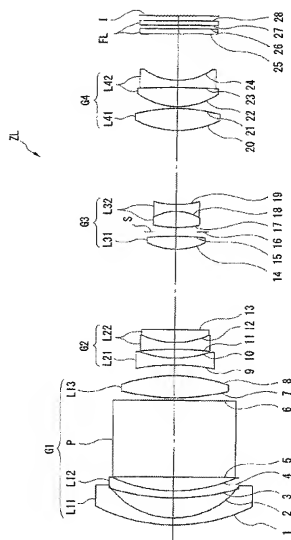
【図18】



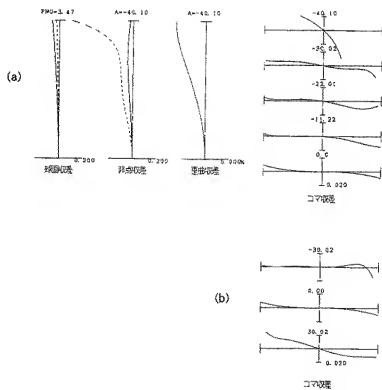
【図19】



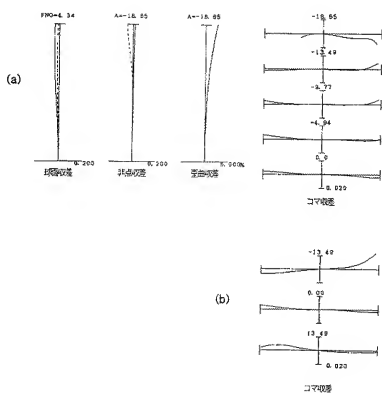
【図20】



【図21】



【図22】



【図23】

